

(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 716 404 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

12.06.1996 Patentblatt 1996/24

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G08C 19/28

(21) Anmeldenummer: 95118878.8

(22) Anmeldetag: 30.11.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT CH DE ES FR GB IT LI NL SE

(30) Priorität: 09.12.1994 DE 4443959

(71) Anmelder:

- Mehnert, Walter, Dr.  
D-85521 Ottobrunn (DE)
- Theil, Thomas, Dr.  
D-82340 Feldafing (DE)

(72) Erfinder:

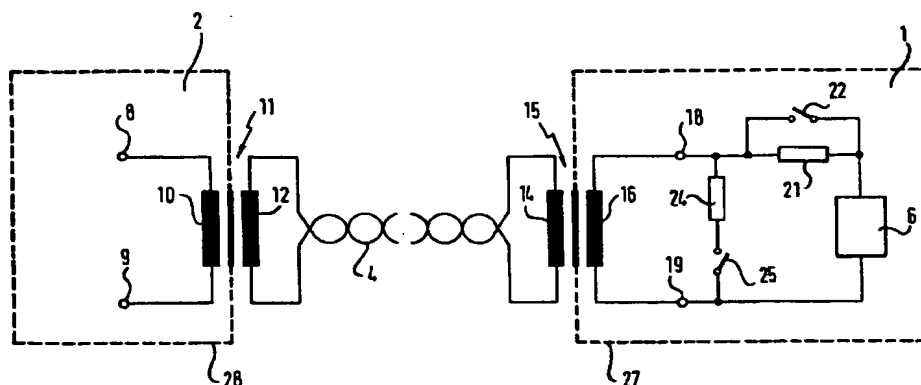
- Mehnert, Walter, Dr.  
D-85521 Ottobrunn (DE)
- Theil, Thomas, Dr.  
D-82340 Feldafing (DE)

(74) Vertreter: Strasser, Wolfgang, Dipl.-Phys et al  
PatentanwälteStrohschänk, Uri, Strasser & Englaender  
Innere Wiener Strasse 8  
D-81667 München (DE)

## (54) Verfahren zur seriellen Übertragung von digitalen Messwerten

(57) Bei einem Verfahren zur seriellen Übertragung der von einem Sensor fortlaufend gelieferten, senderseitig in digitaler Form vorliegenden Meßwerte an einen Empfänger, werden zur Erzielung einer möglichst hohen Übertragungsrate bei minimalem Aufwand hinsichtlich der benötigten Übertragungsleitungen die Meßwerte in so kurzen zeitlichen Abständen ermittelt, daß ihre Abweichung vom jeweils vorausgehend ermittelten Meßwert im Regelfall durch lediglich zwei Bit darstellbar ist, von denen das eine das Vorzeichen und das andere den Wert der Abweichung wiedergibt. Von den innerhalb

eines vorgegebbaren Zeitraumes anfallenden Meßwerten wird nur jeweils einer vollständig als Absolutwert übertragen, während von den anderen nur jeweils die auf diesen einen Meßwert bezogenen inkrementalen Änderungswerte übertragen werden. Empfängerseitig werden den senderseitig anfallenden Meßwerten entsprechende, "virtuelle" Meßwerte dadurch synthetisiert, daß die übertragenen Inkrementalwerte wert- und vorzeichenrichtig zu dem vollständig übertragenen Absolutwert hinzugefügt werden.



EP 0 716 404 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

Solche Verfahren kommen beispielsweise dann zum Einsatz, wenn fortlaufend Meßwerte von einem peripher angeordneten Sensor zu einer zentralen, als Verwendungs-fungierenden Auswerte- und Verarbeitungseinheit übertragen werden sollen. Nach dem Stand der Technik ergibt sich dabei das Problem, daß die Übertragungsrate proportional zur Genauigkeit bzw. zum Auflösungsvermögen sinkt, mit denen die Meßwerte gewonnen und übermittelt werden, da hohe Genauigkeit bzw. hohes Auflösungsvermögen eine hohe Anzahl von Bit je Meßwert erforderlich machen.

Wenn diese Bitzahl pro Meßwert in eine Größenordnung von zwölf oder mehr Bit kommt, geht man daher häufig zu einer parallelen Übertragung über, die aber den Nachteil aufweist, daß eine große Zahl von parallelen, schlecht abzuschirmenden Übertragungsleitungen mit einer entsprechend großen Anzahl von Sende- und Empfangseinheiten erforderlich ist. Der Nachteil der parallelen Datenübertragung wird vor allem dann sichtbar, wenn die Übertragungsleitungen potentialfrei angeboten werden müssen.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß der den seriellen Übertragungsverfahren eigene Vorteil der geringen Zahl von Übertragungsleitungen erhalten bleibt und gleichzeitig eine Übertragungsrate erreicht wird, die mit den Übertragungsraten der parallelen Übertragungsverfahren nicht nur vergleichbar ist, sondern diese sogar noch übertrifft.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung die im Anspruch 1 zusammengefaßten Merkmale vor.

Das erfindungsgemäße Verfahren geht von Sensorsystemen aus, die fortlaufend in einem vom Sensorsystem vorgegebenen Zeittakt Meßwerte liefern, die entweder nur als Absolutwerte oder sowohl als Absolutwerte als auch als inkrementale Änderungswerte anfallen.

Aus diesen Meßwerten werden Übertragungswerte gebildet, die hinsichtlich ihres Informationsgehaltes zwei Kategorien zugeordnet werden.

Die Übertragungswerte der ersten Kategorie werden als Absolutwerte gesendet, d.h. es werden sämtliche Bit, die den jeweils zugehörigen absoluten Meßwert darstellen, mit Hilfe eines geeigneten Modulationsverfahrens senderseitig nach und nach in die Übertragungsleitung eingespeist und empfängerseitig unter Berücksichtigung des Stellenwerts, der jedem dieser Bit zukommt, zu einem empfangenen Meßwert zusammengesetzt, der sowohl zwischengespeichert als auch einer weiteren Verarbeitung zugeführt wird.

Die Übertragungswerte der zweiten Kategorie werden dagegen immer nur von einem Vorzeichenbit und einem Wertebit so gebildet, daß sie jeweils den inkrementalen Änderungswert bezüglich des vorausgehenden Meßwertes darstellen.

Bei Sensorsystemen, die neben den absoluten Meßwerten auch die Inkrementalwerte liefern, können letztere unmittelbar als Übertragungswerte der zweiten Kategorie verwendet werden. Stellt das Sensorsystem nur Absolutwerte zur Verfügung, so werden die Übertragungswerte der zweiten Kategorie senderseitig durch Differenzbildung der aufeinanderfolgenden Absolutwerte gewonnen.

Sobald ein Übertragungswert der ersten Kategorie vollständig beim Empfänger angekommen ist, kann für jeden der nachfolgend vom Sensor erzeugten absoluten Meßwerte, von denen aber nur der inkrementale Änderungswert übertragen wird, empfängerseitig ein "virtueller" absoluter Meßwert erzeugt werden, indem zu dem vollständig übertragenen Absolutwert die nachfolgenden Inkremente vorzeichenrichtig hinzugefügt, d.h. bei positivem Vorzeichen addiert und bei negativem Vorzeichen subtrahiert werden. Das Inkrement mit dem Wert Null führt zu keiner Änderung des empfängerseitig gebildeten, virtuellen Meßwertes. Die Inkremente können somit mit Hilfe von zwei Bit dargestellt werden, indem beispielsweise der Änderung -1 die Bitfolge 01, der Änderung +1 die Bitfolge 10 und der "Änderung" 0 die Bitfolge 11 zugeordnet werden. Die ebenfalls mögliche Bitfolge 00 bleibt entweder ungenutzt, wobei ihr Erscheinen als Anzeichen dafür gewertet werden kann, daß ein Fehler aufgetreten ist, oder sie dient beispielsweise dazu, nachfolgende Bit als Protokollbit zu kennzeichnen.

Die unter allen Umständen auftretende, maximale Änderungsgeschwindigkeit der vom Sensor messend erfaßten physikalischen Größe gibt den unteren Grenzwert der Frequenz vor, mit der die Übertragungswerte gesendet werden müssen.

Der zeitliche Abstand, mit dem unmittelbar aufeinanderfolgende Meßwerte vom Sensor erzeugt werden, muß so klein sein, daß im Regelfall die in dieser Zeitspanne eintretende Änderung der physikalischen Größe und somit die Differenz von zwei aufeinanderfolgenden Meßwerten kleiner/gleich dem Absolutbetrag des Inkrementwertes ist. Letzterer kann allerdings gemäß einer bevorzugten Variante in der Weise variabel gewählt werden, daß bei großen Änderungsgeschwindigkeiten dem durch jeweils ein Bit dargestellten Inkrementwert eine grössere Differenz zugeordnet wird als bei kleinen Änderungsgeschwindigkeiten.

Mit anderen Worten: Die übertragenen Inkrementalwerte werden bei hohen Änderungsgeschwindigkeiten empfängerseitig nicht mehr zu der Stelle des dort fortgeschriebenen virtuellen Meßwertes hinzugefügt (addiert oder subtrahiert) die die niedrigste Wertigkeit besitzt, sondern zu der Stelle mit der zweitniedrigsten oder sogar einer noch höheren Wertigkeit. Dies hat zwar eine entsprechende Verminderung des Auflösungsvermögens zur Folge, stellt aber bei derart hohen Änderungsgeschwindigkeiten der zu überwachenden physikalischen Größe im allgemeinen keinen Nachteil dar.

Die obere Grenzfrequenz, mit der die Übertragungswerte gesendet werden, muß so hoch gewählt werden,

daß neben den Bit-Paaren, die die Inkrementalwerte und das Vorzeichen der zur zweiten Kategorie gehörenden Übertragungswerte darstellen, auch noch die "Zusatzinformationen" übertragen werden können, zu denen die Bit gehören, die die Übertragungswerte der ersten Kategorie und Protokolldaten darstellen, mit deren Hilfe emp-  
fängerseitig erkannt werden kann, zu welcher Kategorie das jeweilige Bit gehört, welche Größe einem Inkrementalschritt zu dem jeweiligen Zeitpunkt zuzuordnen ist, und welche Länge die übertragenen Worte besitzen, in denen in einer vorgebbaren Reihenfolge und Anzahl Bit der ersten Kategorie, Bit der zweiten Kategorie und Protokollbit enthalten sind.

Damit die obere Grenzfrequenz so niedrig bleibt, daß der zu ihrer Handhabung erforderliche technische Aufwand nicht zu groß wird, muß einerseits die Anzahl der Zusatzinformationen klein gehalten werden und müssen andererseits die mathematisch erzeugten Korrekturwerte zu einem stetigen synthetischen Meßwert führen, so daß innerhalb der Zeit, in der ein solcher Korrekturwert auftritt, ein kompletter Absolutwert übertragen werden kann.

In der deutschen Offenlegungsschrift 42 24 225 ist eine Auswertelektronik für einen Positionsgeber beschrieben, die die Meßwerte mit Hilfe einer Regelschleife ermittelt. Dabei eilt der in digitaler Form zur Verfügung gestellte Meßwert immer dann hinter der tatsächlichen (Winkel) Stellung her, wenn sich diese ändert. Die Schaltungsanordnung ist aber so ausgebildet, daß dann, wenn diese Änderung mit konstanter Geschwindigkeit erfolgt, zur Kompensation des eben erwähnten Schleppfehlers ein Korrekturwert gebildet und so zum momentanen Meßwert hinzugefügt wird, daß der korrigierte Meßwert die momentane tatsächliche Stellung exakt wiedergibt.

Wendet man auf die Übertragung der Meßwerte dieses bekannten Sensorsystems das erfindungsgemäße Verfahren an, so werden die Inkrementalwerte von den unkorrigierten Meßwerten abgeleitet und die mit der Schleppfehler-Korrektur versehenen Meßwerte Übertragungswerten der ersten Kategorie zugeordnet. Das bedeutet, daß immer dann, wenn eine Änderung des Schleppfehler-Korrekturwertes auftritt, ein kompletter Absolutwert übertragen sein muß. Wegen der im Vergleich zur Geschwindigkeit elektronischer Meß- und Übertragungsverfahren außerordentlich großen Trägheit von mechanischen Systemen, wie z.B. einer rotierenden Welle, ist die in einem solchen Fall anfallende Datenmenge bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer Übertragungsfrequenz im Bereich von einigen 100 kHz bis einigen MHz ohne weiteres zu bewältigen.

Es genügt dann, zur Übertragung eine verdrillte, auf jeder Seite über einen Transformator angekoppelte Zweidrahtleitung zu verwenden, um auf der Empfängerseite in Echtzeit die auf der Senderseite anfallenden Meßwerte in virtueller Form nachbilden zu können.

Prinzipiell wäre es möglich, bei Systemen, bei denen keine Änderungen von Korrekturwerten auftreten,

die von der Inkrementenbildung nicht erfaßt werden, nur einen einzigen Absolutwert zu übertragen und von diesem ausgehend mit Hilfe der übertragenen Inkrementalwerte empängerseitig die virtuellen Meßwerte fortzuschreiben. Vorzugsweise werden aber auch in diesen Fällen in vorgebbaren zeitlichen Abständen immer wieder Übertragungswerte der ersten Kategorie gesendet. Dies bietet der Empfängerseite die Möglichkeit, durch einen Vergleich eines solchen komplett übertragenen Absolutwertes mit dem von ihr fortgeschriebenen virtuellen Meßwert Fehler zu erkennen und zu korrigieren, wobei in den meisten Fällen anhand einfacher Plausibilitätskriterien ermittelt werden kann, ob eine festgestellte Abweichung von einer Störung stammt, die während der Übertragung des Absolutwertes aufgetreten ist oder ob der fortgeschriebene Wert fehlerhaft ist. Dies gilt auch für den Fall, daß eine Abweichung aufgetreten ist, weil der Sensor außerhalb der definierten Grenzwerte betrieben wurde.

Es ist nicht erforderlich, die Bit, die einen kompletten Übertragungswert der ersten Kategorie darstellen, unmittelbar aufeinanderfolgend zu senden. Vorzugsweise wird vielmehr so vorgegangen, daß diese Bit gruppenweise oder einzeln mit Bit verschachtelt übertragen werden, die die inkrementalen Änderungen darstellen. Somit dauert es beim Einschalten des Systems zwar einige Mikrosekunden, bis beim Empfänger ein erster vollständiger Meßwert vorliegt, von dem ausgehend ein Rückschluß auf die bis dahin angefallenen Meßwerte möglich ist und die folgenden virtuellen Meßwerte fortgeschrieben werden können; diese Zeitspanne ist aber kürzer als die reguläre Anlaufzeit, die derartige Systeme ohnehin benötigen.

Auch die Protokolldaten können mit den die Inkrementalwerte darstellenden Bit so verschachtelt übertragen werden, daß empängerseitig eine lückenlose Fortschreibung der virtuellen Meßwerte möglich ist.

Ein besonders vorteilhaftes Übertragungsverfahren ergibt sich, wenn zwischen Sender und Empfänger eine angepaßte, verdrillte Zweidrahtleitung vorgesehen wird, auf der eine stehende Wechselspannungswelle mit der nach den oben erläuterten Kriterien festgelegten Übertragungsfrequenz und fester Spannungsamplitude erzeugt wird. Sowohl die hierfür erforderliche als auch die zur Versorgung des Sensors und seiner Elektronik erforderliche elektrische Energie können von der Empfängerseite her eingespeist werden. Zur Informationsübertragung wird die stehende Welle strom-moduliert, was durch Öffnen und Schließen einer schnellen steuerbaren Schalteranordnung auf Seiten des Senders erfolgen kann. Mit zwei aufeinanderfolgenden Halbwellen (eine positiv, eine negativ), lassen sich dann vier verschiedene Zustände (erste Halbwelle belastet oder unbelastet; zweite Halbwelle belastet oder unbelastet) darstellen, von denen z.B. zur Übertragung eines Inkrementalwertes (mit Vorzeichen) nur drei benötigt werden. Der vierte Zustand kann dann zur Fehlererkennung oder dazu verwendet werden, die nachfolgenden Daten als Protokolldaten zu kennzeichnen.

Draht-Leitung (4) und dem senderseitigen Verbraucher (6) mit Hilfe eines zwischen das Leitungsende und den Eingang (18, 19) des Senders (1) geschalteten Übertragers (15) erfolgt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch **gekennzeichnet**, daß die 2-Draht-Leitung (4) auch mit dem Empfänger (2) mittels eines Übertragers (11) gekoppelt ist.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Sender (1) und/oder der Empfänger (2) als Faraday'scher Käfig gegen von außen kommende Fremdspannungen geschützt sind.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch **gekennzeichnet**, daß auf der Empfängerseite (2) eine Schaltungsanordnung vorgesehen ist, die beim Einschalten des Systems die Länge der 2-Draht-Leitung (4) mißt und die Frequenz der vom Empfänger (2) abgegebenen Wechselspannung an die 2-Draht-Leitung (4) anpaßt.

5

10

15

20

25

30

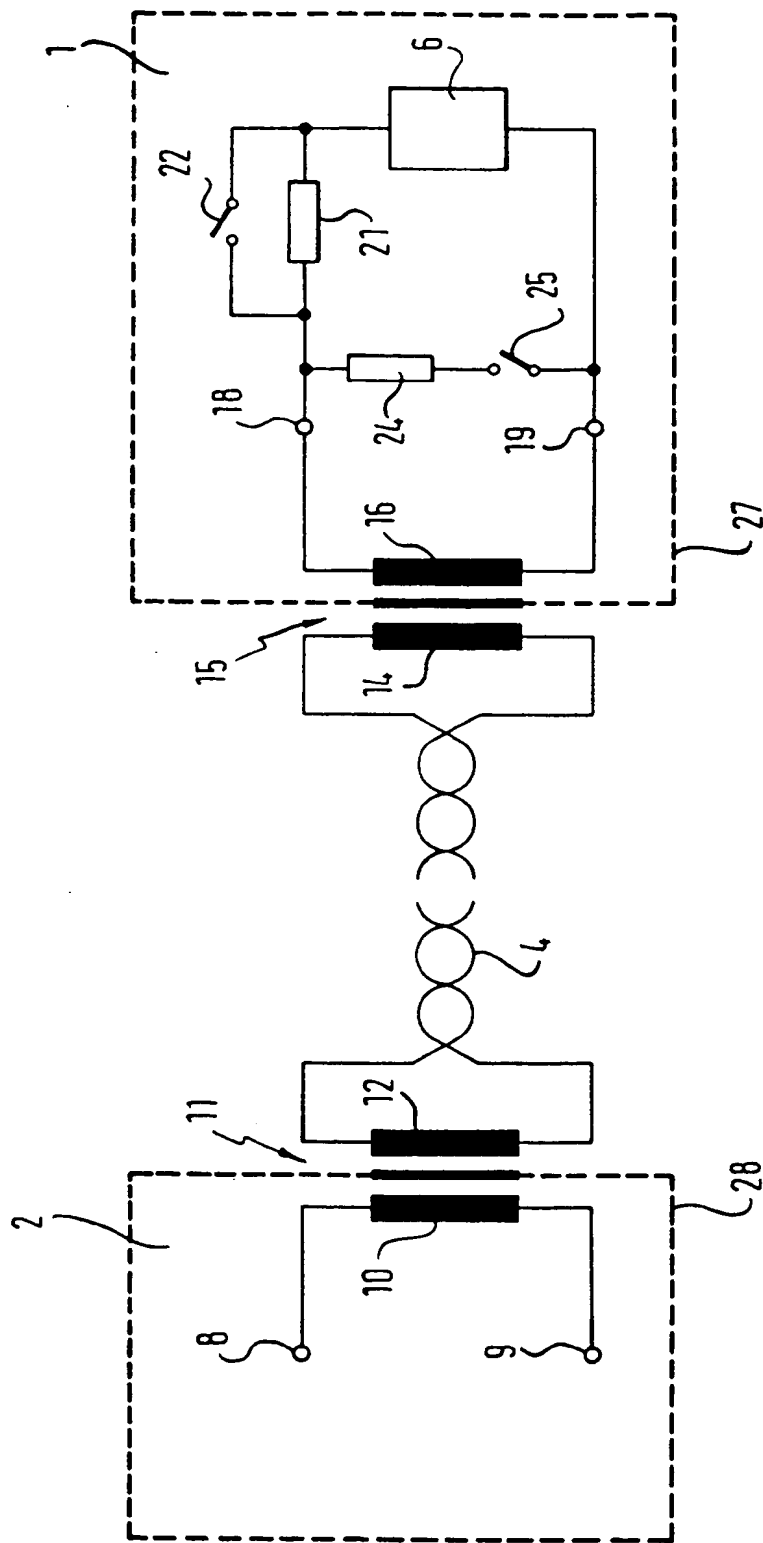
35

40

45

50

55





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 8878

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	DE-A-30 49 000 (BOSCH GMBH ROBERT) 9.September 1982 * Zusammenfassung * * Seite 4, Zeile 14 - Seite 5, Zeile 25; Abbildung 1 *	1	G08C19/28
A	GB-A-2 136 583 (BRITISH HOVERCRAFT CORP LTD) 19.September 1984 * das ganze Dokument *	1	
A	DE-A-34 10 752 (BOSCH GMBH ROBERT) 26.September 1985 * das ganze Dokument *	1,9,10	
A	FR-A-2 377 611 (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 11.August 1978 * Seite 3, Zeile 28 - Seite 6, Zeile 28; Abbildung 1 *	1,9,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G08C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenart DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 13.Februar 1996	Prüfer Wanzeele, R
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 (12.11.1994)